

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA
INDUSTRIA TEXTIL PARA PRODUCIR PLANTULAS
DE HORTALIZAS EN INVERNADERO

Por

JOSE MARCELO RAMOS FLORES

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

FEBRERO 2003

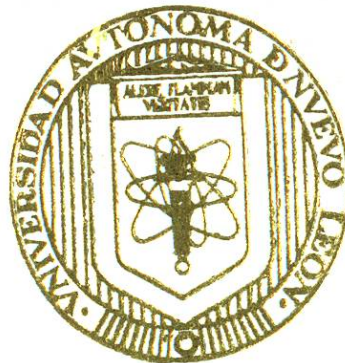
T
TD774
R3
2008
c.1



1090016923

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA
INDUSTRIA TEXTIL PARA PRODUCIR PLANTULAS
DE HORTALIZAS EN INVERNADERO

Por

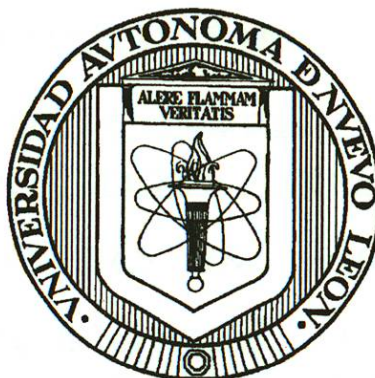
JOSE MARCELO RAMOS FLORES

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

FEBRERO 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



T
TD774
R3
2008
c1

**USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL
PARA PRODUCIR PLÁNTULAS DE HORTALIZAS
EN INVERNADERO**

Por

JOSÉ MARCELO RAMOS FLORES

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS con especialidad en
Ingeniería Ambiental**

Febrero 2008



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMPROBANTE DE CORRECCIÓN

Tesista: JOSÉ MARCELO RAMOS FLORES

Tema de la tesis: USO DE LODOS INDUSTRIALES
DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA PRODUCIR PLÁN-
TULAS DE HORTALIZAS EN INVERNADERO

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA
del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico,
metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió:

Arq. Ramón Longoria Ramírez

M.I. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ALVAREZ
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Ciudad Universitaria, a 23 de AGOSTO de 2007.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Departamento de Horticultura

27 de julio del 2007

ING. M. EN I. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Por este conducto hago constar que el trabajo de tesis de postgrado del estudiante JOSÉ MARCELO RAMOS FLORES, tanto en su parte experimental como en la escritura y revisión por parte de su servidor abajo firmante, fue terminada a mi entera satisfacción.

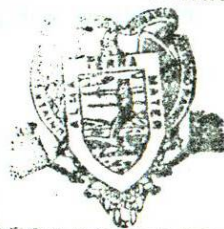
Sin otro particular agradezco su atención y aprovecho para saludarle con la máxima consideración.

ATENTAMENTE

ALMA TERRA MATER

DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA
PROFESOR INVESTIGADOR TITULAR DE TERCER CATEGORÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



C.c.p. Archivo

Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.
Subdirector de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

Estimado Ing. González Álvarez:

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis **"USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA PRODUCIR PLÁNTULAS DE HORTALIZAS EN INVERNADERO"**, que presenta el **Ing. José Marcelo Ramos Flores**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como **APROBADA.**

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

A T E N T A M E N T E



Ing. Justino Cesar González Álvarez M. en I.
Evaluador de Tesis de Maestría

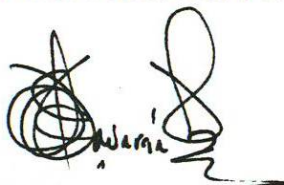
Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.
Subdirector de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

Estimado Ing. González Álvarez:

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis **"USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA PRODUCIR PLÁNTULAS DE HORTALIZAS EN INVERNADERO"**, que presenta el **Ing. José Marcelo Ramos Flores**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como **APROBADA.**

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE



Dr. Febronio Eduardo Chavarría Fernández
Evaluador de Tesis de Maestría

**"USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA
PRODUCIR PLÁNTULAS DE HORTALIZAS EN INVERNADERO"**

Aprobación de la tesis:

ING. JUSTINO CESAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ M. EN I.
Evaluador

DR. FEBRONIO EDUARDO CHAVARRÍA FERNÁNDEZ
Evaluador

M.I. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ
Subdirector de Estudios de Posgrado

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Rosy y Marcelo, por su apoyo y por la confianza que siempre me han tenido y a mi tío Pepe por su ayuda para poder realizar este trabajo.

A la División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, a los maestros y al personal, en general, que en ella labora y hace posibles los estudios especializados en el área de Ingeniería Ambiental.

Al Doctor Adalberto Benavides Mendoza por su asesoría y apoyo para poder desarrollar esta tesis y por permitir el uso de las Instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; al Ingeniero Justino César González Álvarez y al Doctor Febronio Eduardo Chavarría Fernández, por formar parte del jurado calificador en la presentación de esta tesis.

A mis amigos Saret y Froylán, por la ayuda que me ofrecieron y que me fue de mucha utilidad y a Cuauhtémoc por su insistencia en llevar a cabo los estudios de la maestría.

RESUMEN

José Marcelo Ramos Flores

Fecha de Graduación: Febrero, 2008

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

**Título del Estudio: USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA INDUSTRIA
TEXTIL PARA PRODUCIR PLÁNTULAS
DE HORTALIZAS EN INVERNADERO**

Número de páginas: 66

**Candidato para el grado de Maestría
en Ciencias con especialidad en
Ingeniería Ambiental**

Área de Estudio: Ingeniería Ambiental

Propósito y Método del Estudio: Los subproductos en forma de lodos residuales de las empresas textiles son factibles de manipular y modificar para fabricar sustratos y mejoradores de suelo, inocuos y con potencial utilidad en la práctica agrícola comercial. En el presente trabajo se estudiaron tres especies hortícolas cultivadas en invernadero, en sustratos enriquecidos con lodo residual textil proveniente de tres empresas pertenecientes a la Compañía Industrial de Parras (CIPSA), con la finalidad de determinar los cambios en su crecimiento y composición química. El diseño experimental para todas las pruebas es completamente al azar, con arreglo factorial. Se aplicaron las técnicas rutinarias de análisis de varianza y pruebas de medias. El paquete estadístico utilizado fue el Statistica for Windows.

Contribuciones y Conclusiones: De acuerdo con los ensayos en la producción de especies vegetales cultivadas en invernadero, utilizando lodos residuales textiles, se pudo apreciar que es factible utilizar los subproductos de las empresas textiles, al aplicarlos en bajas concentraciones. Se observaron impactos negativos sobre el crecimiento y emergencia de plántulas, al aplicar los materiales industriales de otra industria. Los impactos negativos se derivaron al parecer de la alta concentración de sales, y el desbalance de cationes como el zinc, hierro y manganeso.

FIRMA DEL ASESOR: _____

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	5
2.1 Biosólidos	5
2.2 Producción y uso de biosólidos	6
2.3 Características de los biosólidos	7
2.4 Lodos residuales de la industria textil	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Ubicación del sitio experimental	10
3.2 Material biológico	10
3.3 Establecimiento del experimento	11
3.4 Preparación del lodo residual	12
3.5 Parámetros evaluados	12
3.5.1 Emergencia de plántulas	12
3.5.2 Morfología	13
3.5.3 Biomasa	13
3.5.4 Contenido de minerales	14
3.6 Análisis de los lodos	14
3.7 Diseño experimental	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1 Emergencia de plántulas	16
4.2 Altura y número de hojas	21
4.3 Biomasa	32
4.4 Contenido de minerales	42
4.5 Resultados de metales pesados y arsénico en los subproductos de CIPSA	53
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55

Capítulo	Página
REFERENCIAS59
APÉNDICE61

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I. Especies vegetales utilizadas	10
II. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el porcentaje de emergencia según el factor lodo	17
III. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el porcentaje de emergencia según el factor días de siembra	18
IV. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el porcentaje de emergencia según el factor especie	19
V. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el porcentaje de emergencia según el factor lodo-tratamiento-especie	20
VI. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar la altura de la plántula según el factor lodo	22
VII. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el número de hojas por plántula según el factor lodo	23
VIII. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar la altura de la plántula según el factor días de siembra	25
IX. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el número de hojas por plántula según el factor días de siembra	26
X. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar la altura de la plántula según el factor especie	26
XI. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el número de hojas por plántula según el factor especie	27
XII. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar la altura de la plántula según el factor lodo-tratamiento-especie	29

XIII. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el número de hojas por plántula según el factor lodo-tratamiento-especie	31
XIV. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso fresco total según el factor lodo	32
XV. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso seco total según el factor lodo	33
XVI. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso fresco total según el factor días de siembra	36
XVII. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso seco total según el factor días de siembra	36
XVIII. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso fresco total según el factor especie	37
XIX. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso seco total según el factor especie	37
XX. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso fresco total según el factor lodo-tratamiento-especie	38
XXI. Prueba de medias de Fisher (0.05) para determinar el peso seco total según el factor lodo-tratamiento-especie	40
XXII. Concentración de nutrientes minerales en los tejidos de las plántulas para los diferentes lodos	43
XXIII. Contenido de metales pesados en los subproductos industriales de CIPSA y los límites máximos permisibles	54
XXIV. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significación para los factores evaluados en la emergencia de plántulas	62
XXV. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significación para los factores evaluados en la altura de la plántula	63
XXVI. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significación para los factores evaluados en el número de hojas por plántula	64
XXVII. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significación para los factores evaluados en el peso fresco total	65

XXVIII. Cuadrados medios del análisis de varianza y su significación para los factores evaluados en el peso seco total66
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Efecto de la aplicación de lodos en la emergencia de plántulas	17
2. Efecto de la aplicación de lodos en la altura de la plántula	24
3. Efecto de la aplicación de lodos en el número de hojas por plántula . .	24
4. Efecto de la aplicación de lodos en el peso fresco total	34
5. Efecto de la aplicación de lodos en el peso seco total	35
6. Concentración de nitrógeno en los tejidos de las plántulas	44
7. Concentración de fósforo en los tejidos de las plántulas	45
8. Concentración de potasio en los tejidos de las plántulas	45
9. Concentración de calcio en los tejidos de las plántulas	46
10. Concentración de magnesio en los tejidos de las plántulas	47
11. Concentración de fierro en los tejidos de las plántulas	48
12. Concentración de cobre en los tejidos de las plántulas	49
13. Concentración de manganeso en los tejidos de las plántulas	50
14. Concentración de zinc en los tejidos de las plántulas	51

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.

Los lodos residuales provenientes de procesos textiles, al igual que los originados por otras industrias, generan altos costos de tratamiento, transporte y disposición.

En México estos subproductos han sido paulatinamente utilizados en la agricultura debido a las razones antes mencionadas, así como también por su utilidad potencial como fuente de compuestos fertilizantes.

Esta alternativa resulta técnica y económicamente recomendable (Ottaviani et al., 1991), ya que los lodos residuales, bajo un buen esquema de manejo, pueden aportar nutrientes a las plantas y mejorar las propiedades físicas del suelo, (Quinteiro et al., 1988; Tester, 1990), pudiendo de esta manera facilitar la práctica agrícola comercial en la región. Los lodos residuales textiles son susceptibles de utilizarse para fabricar sustratos, mejoradores de suelo y fertilizantes.

Actualmente sólo una pequeña fracción de fertilizantes y mejoradores de suelos incluyen lodos industriales como parte de sus materias primas (EPA, 1997), y ello habla del potencial innegable en esta área de oportunidad tecnológica, cuando se dispone de subproductos industriales que no entrañan riesgos ambientales o para la salud; esto es, cuando disponen de una constancia de no peligrosidad de los mismos (CRETIB).

En nuestro país la NOM-004-SEMARNAT-2002 regula las especificaciones que debe cumplir cualquier material, lodo o biosólido, antes de su disposición final o aprovechamiento. Del mismo modo, el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) tiene bien desarrollado el modelo de utilización y aplicación de lodos residuales urbanos en suelos agrícolas (Uribe y Chávez, 2000).

Una vez que el lodo residual se clasifica para su uso, según la NOM-004-SEMARNAT-2002, los criterios que se utilizan para determinar la calidad del lodo, desde el punto de vista agronómico, están basados fundamentalmente en el contenido de minerales, metales pesados, materia orgánica y, en general, en el efecto que dicho subproducto ejerza sobre el suelo y agua o sobre el crecimiento y calidad de las plantas.

Por otra parte, es necesario cambiar la actual práctica de confinamiento, para que los subproductos textiles no sean simplemente aislados del ambiente, sino que se incorporen de manera segura en el sistema ecológico.

Fomentando de este modo el reciclado y el aprovechamiento responsable de los subproductos se puede lograr disminuir eficientemente el impacto ambiental de la industria textil.

Para determinar la factibilidad del uso de lodos textiles en la producción de plántulas de hortaliza, se estudiaron tres especies hortícolas, observando su comportamiento al sembrarlas en charolas de germinación llenadas con mezcla de sustrato comercial y lodo residual industrial, planteando para esto el siguiente objetivo e hipótesis:

Objetivo:

Determinar los cambios en el crecimiento y composición química de las especies vegetales lechuga, tomate y col cuyo ciclo de vida ocurre en suelos o sustratos enriquecidos con fertilizantes o mejoradores del suelo derivados de subproductos sólidos de la Compañía Industrial de Parras, S.A. de C.V (CIPSA).

Hipótesis:

Que los subproductos sólidos de CIPSA, utilizados como fertilizantes o mejoradores del suelo en donde ocurre el ciclo de vida de las especies vegetales: lechuga, tomate y col, no afectan negativamente la composición química ni el crecimiento de estas.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.

2.1 Biosólidos.

Los sólidos residuales, se generan durante el tratamiento del agua residual, cuyo origen principal es la recolección doméstica; al final de su tratamiento a estos subproductos se les denomina biosólidos y están constituidos con material predominantemente orgánico, aunque también contienen compuestos inorgánicos que incluyen nutrientes para las plantas, elementos traza y patógenos.

La materia orgánica de los biosólidos, junto con los nutrientes vegetales y varios elementos traza que son necesarios para las plantas, hacen de este subproducto un recurso valioso para aplicarlo al suelo como fertilizante, mejorador de textura y estructura u otros usos específicos. La energía contenida en ellos puede ser recuperada, incluso pueden utilizarse las cenizas resultado de su incineración.

Debido al reconocido valor potencial de estos sólidos, el término biosólidos se utiliza como sinónimo de la utilidad de este producto proveniente de un desecho (Girovich, 1996); sin embargo, varios elementos traza, compuestos orgánicos tóxicos y los patógenos pueden disminuir su uso benéfico (Epstein, 2003).

2.2 Producción y uso de biosólidos.

Durante las dos últimas décadas, la generación de lodos residuales se ha incrementado en prácticamente todos los países desarrollados y en desarrollo. En 1989 los Estados Unidos produjeron 5.4 millones de toneladas métricas secas de sólidos, en 1998 la cifra aumentó a 6.3 millones, la estimación para el año 2000 fue de 7.1 millones y para el año 2010 de 8.2 millones, mientras que en la Unión Europea se generaron 6.5 millones en 1992 y 7.4 millones en 1999 (Girovich, 1996; Epstein, 2003).

El uso y la disposición de los lodos y los biosólidos ha variado con el tiempo y cambia de país a país, de manera general se puede señalar que la aplicación al suelo y la incineración se ha incrementado, en tanto que la disposición en rellenos sanitarios ha disminuido y ya no se lleva a cabo disposición en agua marina (Girovich, 1996; Epstein, 2003).

Uno de los usos más comunes que se le está dando a los biosólidos es su aplicación en suelos agrícolas, principalmente como fertilizante y mejorador de suelos. Tanto en los Estados Unidos como en la Unión Europea, este tipo de uso va en aumento; Francia y Noruega destinan el 58 % de sus biosólidos para sus suelos, Dinamarca y los Estados Unidos el 54 %, España el 50 % e Inglaterra el 48 % y varios países más utilizan el 40 % o un poco más con este fin (Girovich, 1996; Epstein, 2003).

2.3 Características de los biosólidos.

Las características de los biosólidos son determinantes para su posible uso en el suelo, éstas pueden agruparse en tres categorías: físicas, químicas y biológicas.

El contenido de sólidos y de materia orgánica son las características físicas más importantes. El contenido de sólidos afecta el método de aplicación y el crecimiento de las plantas, mientras que el contenido de materia orgánica puede afectar la disponibilidad y acumulación de nutrientes y elementos traza.

Las propiedades químicas afectan el crecimiento de las plantas, de igual manera como influyen las características químicas y físicas del suelo. Las características químicas más importantes son el pH, las sales solubles, los macro y los micronutrientes para los vegetales, los elementos traza esenciales

y no esenciales para los humanos y los compuestos orgánicos. Los patógenos son la propiedad biológica más importante de los biosólidos, aunado a ellos también existen poblaciones microbianas indígenas que incluyen bacterias, hongos, actinomicetos y protozoarios, las cuales mejoran y ayudan a la descomposición de la materia orgánica del suelo.

Considerando todas las propiedades, se puede señalar el contenido de materia orgánica, el cual mejora la estructura del suelo, la retención de la humedad y la capacidad de intercambio catiónico, el contenido de nutrientes vegetales, y las propiedades biológicas; la comunidad microbiana no patógena, hace de este subproducto un recurso valioso para la agricultura, la silvicultura y la restauración de suelos. Esta última ha sido de gran importancia en las últimas décadas para remediar el gran deterioro que hizo el hombre, especialmente durante el siglo pasado. (Girovich, 1996; Epstein, 2003).

2.4 Lodos residuales de la industria textil.

Los subproductos sólidos provenientes de procesos de la industria textil contienen básicamente impurezas orgánicas que se encuentran en las fibras naturales y en los compuestos químicos agregados durante los procesos empleados para el tratamiento de fibras, hebras o tejidos.

Las plantas de procesamiento textil utilizan una amplia variedad de tintes y otros compuestos químicos, incluidos los ácidos, bases, sales, agentes humectantes y otros acabados auxiliares. Muchos de éstos no permanecen en el producto textil terminado, sino que se desechan después de un uso específico. El efluente combinado de una planta textil, por tanto, puede contener cualquiera de estos compuestos o todos ellos.

Dado que muchos procesos textiles se manejan en forma discontinua, las concentraciones de los materiales residuales pueden variar significativamente. Algunos procesos requieren de condiciones altamente ácidas, mientras que las de otros son altamente alcalinas. En consecuencia, el pH del agua residual también puede variar bastante a lo largo de un período de tiempo.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Ubicación del sitio experimental.

La presente investigación se realizó conjuntamente en el invernadero No. 2 y los Laboratorios de Nutrición y Alimentos y Fisiología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.2 Material biológico.

Las especies vegetales utilizadas se presentan en la TABLA I

TABLA I
ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS.

Especie	Variedad
Tomate	Río Grande
Col	Copenhagen Marquet
Lechuga	Great Lakes

3.3 Establecimiento del experimento.

El ensayo se estableció según un diseño completamente al azar, con los residuos sólidos industriales de las empresas Fabrica La Estrella, S.A. de C.V. (FLESA), Hilaturas Parras, S.A. de C.V. (HILPAR) y Parras de La Laguna, S.A. de C.V. (PARLASA) del grupo Compañía Industrial de Parras (CIPSA), con tres tratamientos y cuatro repeticiones de 60 semillas cada una, para cada especie hortícola utilizada.

El tratamiento N° 1 consistió en colocar cuatro charolas de germinación en una cama de siembra, llenadas únicamente con sustrato comercial de turba de musgo (peat moss), es decir, sin mezclarlo con subproductos de CIPSA. Posteriormente se sembraron las semillas de las tres especies en cada una de las charolas.

Los tratamientos 2 y 3 consistieron en mezclar los lodos de cada empresa con el sustrato de siembra, en proporciones de 1:9 y 2:8, respectivamente, equivalentes al 10 y 20 % de subproductos utilizados, volumen a volumen. De igual manera, se llenaron cuatro charolas de germinación, para ambas concentraciones, para cada uno de los tres tipos de lodo.

Se mantuvieron las charolas con el contenido de humedad adecuado, durante 40 días.

A la cuarta y quinta semana se realizó una fertilización con solución nutritiva Douglas.

3.4 Preparación del lodo residual.

Los lodos sólidos provenientes de los sitios de confinamiento de las tres empresas de CIPSA fueron cribados a través de una malla de 1 mm de abertura entre hilos, antes de incorporarlos a los sustratos de siembra, esto con la finalidad de obtener una mezcla uniforme que permitiera llenar adecuadamente las cavidades de las charolas de germinación.

3.5 Parámetros evaluados.

3.5.1 Emergencia de plántulas.

Para determinar la capacidad de germinación y el vigor que tuvieron las especies utilizadas en este ensayo, se realizaron cinco conteos de emergencia de plántulas, a los 3, 6, 9, 13 y 16 días respectivamente después de la siembra.

Se contó el total de plántulas emergidas de cada especie hortícola, para cada repetición, de cada tratamiento, de cada uno de los lodos.

3.5.2 Morfología

Cada semana, durante cinco semanas, se midió la altura y se contó el número de hojas de cinco plántulas, elegidas al azar de cada especie-repetición-tratamiento-lodo.

3.5.3 Biomasa.

En dos ocasiones, a los veinte y a los cuarenta días, se determinó la biomasa fresca y seca, de la parte aérea y de la raíz, de cinco individuos escogidos al azar, de cada especie-repetición-tratamiento-lodo de la siguiente manera:

Se extrajeron las plántulas de las charolas, identificando la procedencia de cada una y se lavaron hasta desprenderles por completo el sustrato; inmediatamente después se cortaron separando la parte aérea de la raíz y se pesaron por separado, en una balanza analítica.

Después de determinar los valores de la biomasa fresca de ambas partes de cada plántula, se fueron introduciendo éstas en bolsas de papel, marcando los datos correspondientes al lugar de su extracción.

Posteriormente, todas las bolsas se colocaron en una estufa de secado a 60° C durante dos días. Transcurrido este tiempo se obtuvo la biomasa seca de la parte aérea y de la raíz de todas las plántulas.

3.5.4 Contenido de minerales.

El material obtenido en el segundo muestreo se conservó para utilizarlo en la determinación de los minerales N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn contenidos en las plántulas.

Para la determinación de N se utilizó un destilador de microkjeldahl; el fósforo se determinó por el método de Olsen y se optó por la absorción atómica para cuantificar los otros elementos.

3.6 Análisis de los lodos.

Se llevó a cabo el análisis de los subproductos industriales, de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002, para determinar la presencia y concentración del arsénico y de los metales pesados: cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, níquel y zinc marcados en la norma oficial mexicana antes aludida.

3.7 Diseño experimental.

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con 4 repeticiones de 60 semillas para tomate, col y lechuga.

El modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{j(i)} .$$

Donde:

Y = Observaciones en las diferentes variables evaluadas.

μ = Media general de la población sobre la cual se está trabajando.

t = Es la variación que se atribuye a los niveles del factor en evaluación (efecto de los tratamientos).

e = Es la variación de los factores no controlados (el error experimental).

i = i -ésimo tratamiento. (Número progresivo).

j = j -ésima repetición de cada tratamiento. (Número progresivo).

$j(i)$ = Es la variación de las unidades experimentales anidada en los tratamientos.

Para la comparación de las medias entre los tratamientos se utilizó la Prueba de Medias de Fisher (0.05), para los diferentes factores (grupos homogéneos).

El paquete estadístico utilizado fue el "Statistica for Windows".

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Emergencia de plántulas.

En la TABLA II se presenta la prueba de las medias para la emergencia de plántulas, evaluada para el factor de lodos. Al compararlas se observa que los tratamientos en los que se aplicó lodo de la empresa HILPAR dieron los mayores índices de emergencia, ya que cuando se aplicó en una concentración del 10 % del volumen total, presentó un valor ligeramente superior que el del testigo con diferencia del 0.1 % y con una concentración del 20 % mostró un 2.6 % de emergencia menor que el del testigo.

La emergencia en el testigo fue numéricamente mejor que en los tratamientos en los que se ocuparon lodos de PARLASA y FLESA, presentándose hasta un 46.9 % más de plántulas emergidas en el testigo, con respecto al que registró menor porcentaje de emergencia, que fue el tratamiento de FLESA 20.

TABLA II

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PORCENTAJE DE
EMERGENCIA SEGÚN EL FACTOR LODO.

Lodo	Emergencia (%)
FLESA 20	14.5 e
FLESA 10	27.7 d
PARLASA 20	32.4 c
PARLASA 10	51.2 b
HILPAR 20	58.7 a
TESTIGO	61.3 a
HILPAR 10	61.4 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En la Figura 1, al comparar los tratamientos de los lodos por cada empresa, se observa que el tratamiento en el que se utilizó una concentración del 10 %, mostró un porcentaje de emergencia mayor que en el que se utilizó una concentración del 20 %, en los tres casos.

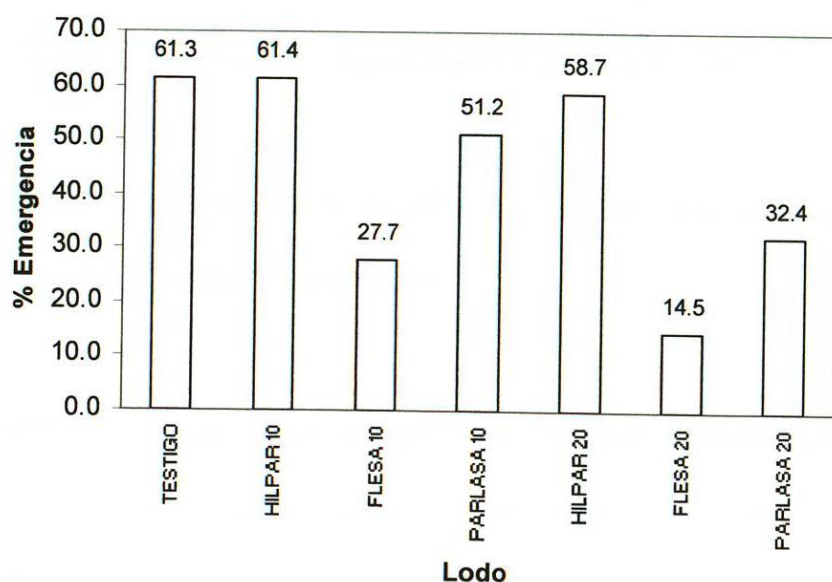


Figura 1. Efecto de la aplicación de lodos en la emergencia de plántulas.

Al realizar la comparación de medias para la emergencia de las plántulas, valorada para el factor de días de siembra (TABLA III), se observó que al inicio existe cierta lentitud en el brote de éstas, ya que al tercer día tan sólo ha brotado el 3.7 % del total, mientras que entre el tercero y el sexto día fue cuando hubo la mayor cantidad de plántulas emergidas, con un incremento del 36.7 % y, a partir de ahí, el aumento de plántulas emergidas entre conteos fue de entre el 11.4 y el 6.4 %.

TABLA III

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA
SEGÚN EL FACTOR DÍAS DE SIEMBRA.

Días de Siembra	Emergencia (%)
3	3.7 e
6	40.4 d
9	51.8 c
13	58.6 b
16	65.0 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En la TABLA IV se muestra la prueba de medias para la emergencia de plántulas, evaluada para el factor especie.

Se puede observar que existe una gran diferencia de emergencia entre las tres especies estudiadas. La más afectada de manera negativa fue la col, ya que tan solo emergió la tercera parte del total de las semillas sembradas; la lechuga obtuvo un 12.6 % más de plántulas emergidas que la col y el tomate fue la especie que tuvo el mayor índice de emergencia, con más del 50%.

TABLA IV

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA
SEGÚN EL FACTOR ESPECIE.

Especie	Emergencia (%)
Col	33.3 c
Lechuga	45.9 b
Tomate	52.6 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

El efecto de la aplicación de los lodos en la emergencia de plántulas se puede observar con mayor precisión en la TABLA V; en ella se presenta la prueba de medias para la emergencia de plántulas, evaluada para el factor lodo-tratamiento-especie.

Se observó que el único tratamiento en el que la emergencia de una especie fue mayor que en el testigo fue en el de HILPAR 10, en el tomate, con un 3 % más. En cuanto a la lechuga y la col, también los tratamientos de HILPAR 10 fueron los que tuvieron valores más parecidos a los del testigo, con un 2.2 y un 0.4 % menor, respectivamente.

Por otra parte, los tratamientos con los lodos de FLESA fueron los que dieron los resultados más bajos, en general, en cuanto a la emergencia; ya que cuatro de los tratamiento-especie, para este lodo, obtuvieron los índices más bajos: FLESA 20, para la col y la lechuga tiene los menores porcentajes de todos los tratamientos, con un 6.9 y un 7.7 % respectivamente seguidos por los

tratamientos de FLESA 10, también para la col y la lechuga con un 15.3 y 18.3 % de emergencia total, respectivamente.

TABLA V

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA SEGÚN EL FACTOR LODO-TRATAMIENTO-ESPECIE.

Lodo-Tratamiento	Especie	Porcentaje de Emergencia (%)
FLESA 20	Col	6.9 j
FLESA 20	Lechuga	7.7 j
FLESA 10	Col	15.3 i
FLESA 10	Lechuga	18.3 hi
PARLASA 20	Col	22.9 gh
PARLASA 20	Lechuga	26.3 fg
FLESA 20	Tomate	29.0 f
PARLASA 10	Col	43.7 e
HILPAR 20	Col	47.6 de
PARLASA 20	Tomate	48.0 de
HILPAR 10	Col	48.1 de
TESTIGO	Col	48.5 de
FLESA 10	Tomate	49.6 d
PARLASA 10	Lechuga	51.8 d
PARLASA 10	Tomate	58.1 c
HILPAR 20	Tomate	59.0 bc
TESTIGO	Tomate	60.7 bc
HILPAR 10	Tomate	63.7 b
HILPAR 20	Lechuga	69.6 a
HILPAR 10	Lechuga	72.6 a
TESTIGO	Lechuga	74.8 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

De acuerdo con estudios realizados anteriormente utilizando subproductos de la Compañía Industrial de Parras, en sustratos para la siembra y crecimiento de plántulas, con una concentración de 50%, la presencia de los sólidos causó una disminución significativa de la emergencia y del crecimiento; así como una clorosis acentuada de los tejidos (Benavides-Mendoza et al., 2004). En el caso de las semillas colocadas directamente en los residuos industriales al 100%, éstas germinaron y emergieron; pero ocurrió entonces la completa interrupción del crecimiento, presentándose una necrosis intensa en las raíces, síntoma asociado generalmente con la intoxicación por exceso de sales o déficit hídrico intenso.

De manera similar, conforme a los resultados obtenidos en el presente estudio, los índices de emergencia fueron mayores en los tratamientos en que se utilizaron los subproductos en menores concentraciones.

4.2 Altura y número de hojas

En las TABLAS VI y VII se presentan las pruebas de medias para la altura y el número de hojas por plántula respectivamente, evaluadas para el factor lodos.

En cuanto a la altura de la plántula, se observa que el tratamiento en el que se aplicó lodo de la empresa PARLASA, con una concentración del 10 % del

volumen total, presentó un valor superior al del testigo, con una diferencia de 1.5 cm; sin embargo, el valor que resultó en el tratamiento con este mismo lodo en una concentración del 20%, fue mucho menor, midiendo la plántula, en promedio 2.5 cm menos que el testigo.

TABLA VI

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR LA ALTURA DE LA PLÁNTULA
SEGÚN EL FACTOR LODO.

Lodo	Altura de la Plántula (cm)
FLESA 20	2.2 f
PARLASA 20	2.7 e
FLESA 10	2.8 e
HILPAR 20	3.7 d
HILPAR 10	4.4 c
TESTIGO	5.2 b
PARLASA 10	6.7 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En cuanto a los tratamientos con los lodos de HILPAR, para concentraciones de 10 y 20 %, las alturas de las plántulas tuvieron valores parecidos entre sí, con una diferencia de sólo 0.7 cm de promedio entre ambas, y 0.8 y 1.5 cm menos que el testigo, respectivamente.

Al comparar los valores de la TABLA VII, se puede ver que para el número de hojas por plántula, el comportamiento obtenido en los diferentes tratamientos es muy similar, con respecto al de la altura de las plántulas; ya que, en general, las que más crecieron también fueron las que mayor número

de hojas presentaron, aunque en este caso los valores entre sí no son tan dispares.

TABLA VII

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL NÚMERO DE HOJAS
POR PLÁNTULA SEGÚN EL FACTOR LODO.

Lodo	Número de Hojas por Plántula
FLESA 20	3.6 e
FLESA 10	4.1 d
PARLASA 20	4.3 d
HILPAR 10	4.5 c
HILPAR 20	4.6 c
TESTIGO	4.9 b
PARLASA 10	6.3 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En las siguientes dos Figuras (2 y 3), se puede constatar que los tratamientos con lodos de PARLASA son los que presentan valores más desiguales, en cuanto a la altura de las plántulas y al número de hojas que registran al cambiar la concentración con que se aplican, creciendo la plántula 4 cm más en PARLASA 10 que en PARLASA 20 y teniendo también 2 hojas más en promedio.

En los tratamientos con lodos de HILPAR y FLESA no existen diferencias tan notorias entre sí, ya que en HILPAR 10, las plántulas tienen sólo 0.7 cm más de altura que en HILPAR 20 y 0.1 hojas menos respectivamente; en FLESA 10, la plántula es más alta por 0.6 cm que en FLESA 20 y tiene, en promedio, 0.5 hojas más.

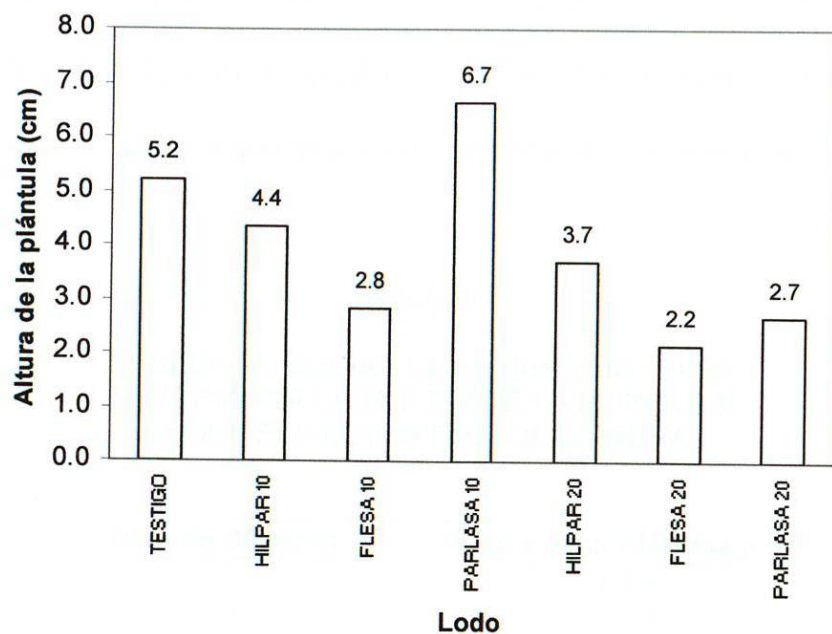


Figura 2. Efecto de la aplicación de lodos en la altura de la plántula.

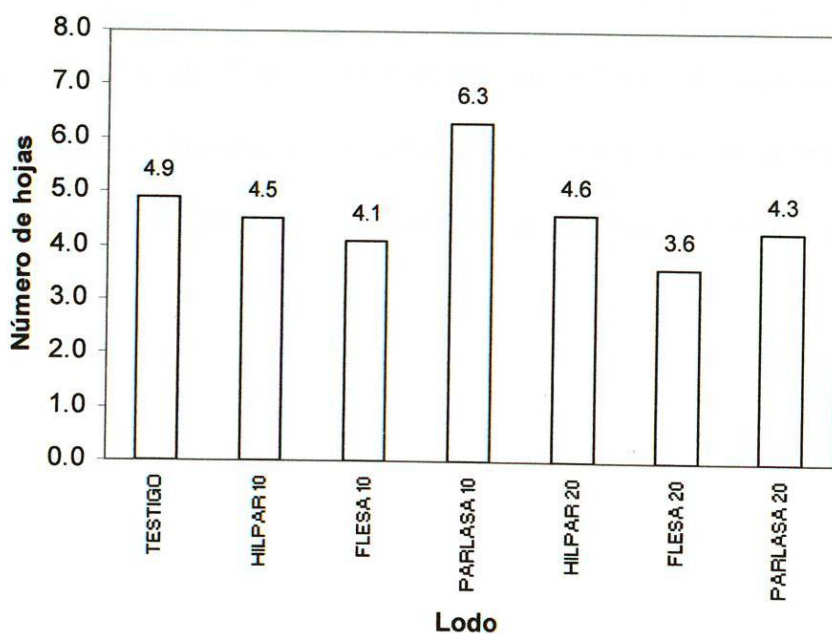


Figura 3. Efecto de la aplicación de lodos en el número de hojas por plántula.

Al realizar la comparación de medias para la altura de la plántula, valorada para el factor días de siembra (TABLA VIII), se observó que el crecimiento es constante y no se aprecia que exista una demora en su desarrollo.

TABLA VIII

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR LA ALTURA DE LA PLÁNTULA
SEGÚN EL FACTOR DÍAS DE SIEMBRA.

Días de Siembra	Altura de la Plántula (cm)
7	1.5 e
14	2.5 d
21	3.4 c
28	5.1 b
35	7.2 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En la TABLA IX se presenta la prueba de medias para el número de hojas por plántula. En ella se observa que éstas aumentan de manera constante, conforme transcurren los días y, en conjunto con los datos de la tabla anterior, se puede apreciar progreso en el crecimiento de las plántulas, de manera general.

TABLA IX

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL NÚMERO DE HOJAS POR
PLÁNTULA SEGÚN EL FACTOR DÍAS DE SIEMBRA.

Días de Siembra	Número de Hojas por Plántula
7	2.0 e
14	2.9 d
21	4.4 c
28	6.1 b
35	7.6 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En la TABLA X se muestra la prueba de medias para la altura de la plántula, evaluada para el factor especie.

TABLA X

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR LA ALTURA DE LA PLÁNTULA
SEGÚN EL FACTOR ESPECIE.

Especie	Altura de la Plántula (cm)
Lechuga	3.3 b
Col	3.4 b
Tomate	5.2 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

Se puede apreciar que las plántulas de tomate fueron las que mayor altura alcanzaron durante el período que duró la investigación y, como se vio anteriormente, también fueron las que mayor porcentaje de emergencia presentaron.

Al realizar la comparación de medias para el número de hojas por plántula, valorada para el factor especie (TABLA XI), se observa que las plántulas de tomate tuvieron, en promedio, mayor número de hojas que las otras dos especies estudiadas.

TABLA XI

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE HOJAS POR PLÁNTULA SEGÚN EL FACTOR ESPECIE.

Especie	Número de Hojas por Plántula
Col	3.7 c
Lechuga	4.2 b
Tomate	6.0 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En las TABLAS XII Y XIII se presentan las pruebas de medias para la altura y el número de hojas por plántula, respectivamente, evaluadas para el factor lodo-tratamiento-especie.

En la TABLA XII se distingue cómo en el tratamiento con lodos de PARLASA con una concentración del 10 %, las tres especies en estudio alcanzaron la mayor altura, al compararlas con las de los demás tratamientos; incluso superaron las plántulas de tomate, lechuga y col por 2, 1.2 y 1.1 cm a las del testigo, respectivamente.

Sin embargo, como sucedió al comparar las alturas de las plántulas, tomando en cuenta el factor lodo, también en este caso las que crecieron en los sustratos enriquecidos con lodos de PARLASA, en concentración del 20 %, alcanzaron alturas mucho menores; esto se ve al comparar las plántulas de este tratamiento con las de PARLASA 10, existiendo diferencias de 4.8, 3.5 y 3.6 cm para el tomate, la lechuga y la col respectivamente.

A pesar de esto, las plántulas de menor crecimiento fueron las de los tratamientos con lodos de FLESA; ya que comparándolas con las de los demás lodos-tratamiento para las mismas concentraciones y especie, en todos los casos, las tres especies presentaron las alturas más bajas.

Cabe señalar que las plántulas que mostraron alturas más parecidas al cambiar la concentración, pero utilizando el mismo lodo fueron las que crecieron en los tratamientos con lodos de HILPAR, ya que fueron más altas solamente por 0.5, 0.5 y 1.0 cm en el tomate, la lechuga y la col respectivamente en PARLASA 10 que en PARLASA 20.

Otro punto importante a destacar, en cuanto a las alturas que alcanzaron las tres especies, que se puede confirmar en la TABLA XII, es que la col fue la que mostró la menor desigualdad entre las plántulas más altas y las más chicas de su misma especie, con 3.7 cm de diferencia entre ambas. En la lechuga fue de 4.2 cm y en el tomate de 5.6 cm, respectivamente.

TABLA XII

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05)
PARA DETERMINAR LA ALTURA DE LA PLÁNTULA
SEGÚN EL FACTOR LODO-TRATAMIENTO-ESPECIE.

Lodo-Tratamiento	Especie	Altura de la Plántula (cm)
FLESA 20	Lechuga	1.5 k
FLESA 10	Lechuga	1.9 j
FLESA 20	Col	1.9 j
PARLASA 20	Col	2.0 j
PARLASA 20	Lechuga	2.2 ij
FLESA 10	Col	2.5 i
FLESA 20	Tomate	3.0 h
HILPAR 20	Col	3.0 gh
HILPAR 20	Lechuga	3.3 g
HILPAR 10	Lechuga	3.8 f
PARLASA 20	Tomate	3.8 f
HILPAR 10	Col	4.0 f
FLESA 10	Tomate	4.0 f
TESTIGO	Lechuga	4.5 e
TESTIGO	Col	4.5 e
HILPAR 20	Tomate	4.8 e
HILPAR 10	Tomate	5.3 d
PARLASA 10	Col	5.6 cd
PARLASA 10	Lechuga	5.7 c
TESTIGO	Tomate	6.6 b
PARLASA 10	Tomate	8.6 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

El Instituto de Investigaciones Forestales en Jodhpur, India, realizó un estudio similar para conocer el efecto del efluente de la industria textil en el crecimiento de diversos árboles.

Allá se sembraron semillas de plantas de *Acacia nilotica* (Espino egipcio), *Acacia tortilis* (Espino sombrillo), *Albizia lebbeck* (Acacia amarilla), *Azadirachta indica* (Margosa), *Parkinsonia aculeata* (Espino de Jerusalén) y *Prosopis juliflora* (Mezquite), en un suelo árido y se observó el crecimiento durante 8

meses. Los tratamientos aplicados fueron: irrigación solamente con el efluente de la industria textil (W1), el efluente industrial textil mezclado con agua limpia en relación 1:1 (W2), y el suelo tratado con ceniza de madera e irrigado con el efluente industrial textil (W3). El régimen W3 fue el tratamiento que dio mejores resultados, donde las plantas lograron (en una media de seis especies) la mayor altura. El crecimiento de las especies varió perceptiblemente y el crecimiento máximo fue registrado para el *Prosopis juliflora*. El crecimiento menor fue registrado para el *Albizia lebbeck*.

La adición de la ceniza de madera influyó positivamente en el crecimiento de la planta. Estos resultados sugieren que las especies de árbol estudiadas (excepto *Albizia lebbeck*) pueden establecerse con éxito, usando el agua residual de la industria textil en regiones áridas. (Singh G., Bala N., Rathod T., Singh B., 2001).

En el caso del presente estudio, se pudo constatar que el crecimiento de las especies utilizadas fue bueno en los tratamientos en los que se usaron subproductos de PARLASA e HILPAR, cuando se aplicaron en concentraciones del 10% del volumen total del sustrato de siembra, no así para los subproductos de FLESA.

Observando la TABLA XIII, se aprecia que el comportamiento que hubo en el número de hojas por plántula es similar al ocurrido en las alturas que

alcanzaron, puesto que sólo las de los tratamientos de PARLASA 10 tuvieron más hojas que las plántulas del testigo.

En cuanto a las especies, la col fue la que mostró cantidades de hojas por plántula más parecidos, teniendo en promedio sólo 1 hoja menos, al comparar las plántulas con menor, con las de mayor cantidad. Respecto a la lechuga y al tomate, las diferencias fueron un poco mayores.

TABLA XIII

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL NÚMERO DE HOJAS POR PLÁNTULA
SEGÚN EL FACTOR LODO-TRATAMIENTO-ESPECIE.

Lodo-Tratamiento	Especie	Número de Hojas por Plántula
FLESA 20	Lechuga	3.3 L
FLESA 10	Lechuga	3.3 L
FLESA 20	Col	3.3 L
PARLASA 20	Col	3.4 Kl
HILPAR 20	Col	3.6 Jkl
HILPAR 10	Col	3.6 Jkl
FLESA 10	Col	3.7 ljk
TESTIGO	Col	3.9 Hij
PARLASA 20	Lechuga	4.1 Ghi
FLESA 20	Tomate	4.2 Fgh
HILPAR 20	Lechuga	4.3 Efg
PARLASA 10	Col	4.3 Efg
HILPAR 10	Lechuga	4.4 Ef
TESTIGO	Lechuga	4.6 E
FLESA 10	Tomate	5.3 D
PARLASA 20	Tomate	5.4 Cd
PARLASA 10	Lechuga	5.5 Cd
HILPAR 10	Tomate	5.6 Cd
HILPAR 20	Tomate	5.8 C
TESTIGO	Tomate	6.3 B
PARLASA 10	Tomate	9.1 A

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

4.3 Biomasa.

En las siguientes TABLAS (XIV Y XV) se muestran las pruebas de medias para el peso fresco total y el peso seco total, respectivamente, evaluadas para el factor lodos.

En ellas se observa cómo los mayores valores de los pesos totales, tanto en fresco como en seco, corresponden al tratamiento de PARLASA 10, sobrepasando en peso fresco total por 2.45 g, en promedio, a los valores que tuvieron las plántulas del testigo y por 3.29 g, a las plántulas que en promedio tuvieron el menor peso; en cuanto al peso seco total, superaron por 0.14 y 0.22 g al valor del testigo y al valor del tratamiento con el menor peso, respectivamente.

TABLA XIV

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PESO FRESCO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR LODO.

Lodo	Peso Fresco Total (g)
FLESA 20	0.26 d
FLESA 10	0.58 c
HILPAR 20	0.93 b
HILPAR 10	0.96 b
PARLASA 20	1.09 b
TESTIGO	1.10 b
PARLASA 10	3.55 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En ambas TABLAS (XIV Y XV), se aprecia cómo los valores de los dos tratamientos de HILPAR y el de PARLASA 20 están cercanos al valor que muestra el testigo, pero muy por debajo de éste se encuentran los valores de los tratamientos de FLESA, habiendo diferencias de 0.84 y de 0.08 g en el peso fresco total y en el peso seco total, respectivamente, al comparar los valores de FLESA 20 con los del testigo.

TABLA XV

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PESO SECO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR LODO.

Lodo	Peso Seco Total (g)
FLESA 20	0.03 f
FLESA 10	0.06 e
PARLASA 20	0.08 d
HILPAR 20	0.09 cd
HILPAR 10	0.10 c
TESTIGO	0.11 b
PARLASA 10	0.25 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En las Figuras 4 y 5 se pueden distinguir mejor las diferencias de peso fresco y seco total que existen entre los diferentes tratamientos.

Es muy notorio que las plántulas que crecieron en el tratamiento de PARLASA 10 obtuvieron pesos mucho mayores, comparadas con las del resto de los tratamientos, alcanzando valores de más de tres veces y de más de dos veces el registrado en el testigo en peso fresco y en peso seco total, respectivamente.

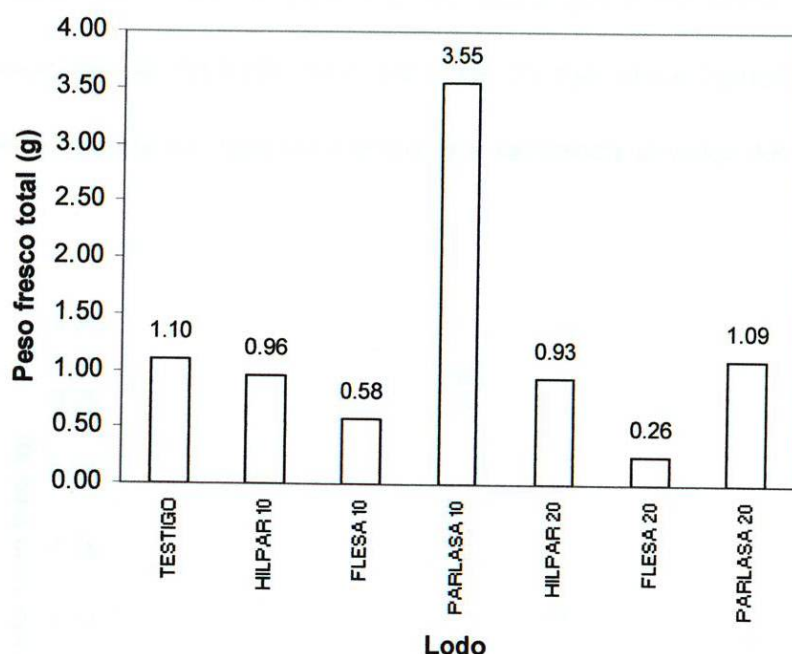


Figura 4. Efecto de la aplicación de lodos en el peso fresco total.

En cuanto a los valores de PARLASA 20, en ambas figuras (4 y 5) se observa que estuvieron más cercanos los valores del peso que lo que estuvo el valor de la altura al compararse con el del testigo, ya que la plántula creció 2.5 cm menos en PARLASA 20 que en el testigo y, en cuanto al peso, resultó 0.01 g menor el peso fresco total de PARLASA 20 que el del testigo y 0.03 g menor el peso seco total respectivamente.

Observando los valores que obtuvieron las plántulas, tanto para peso fresco como para peso seco total, en los tratamientos con lodos de FLESA se puede apreciar que fueron mucho menores que los valores del testigo.

Por otra parte, así como la diferencia de altura que hubo entre las plántulas de los tratamientos de HILPAR 10 e HILPAR 20 fue poca, también los pesos que alcanzaron estuvieron cercanos entre sí y cercanos al valor del testigo.

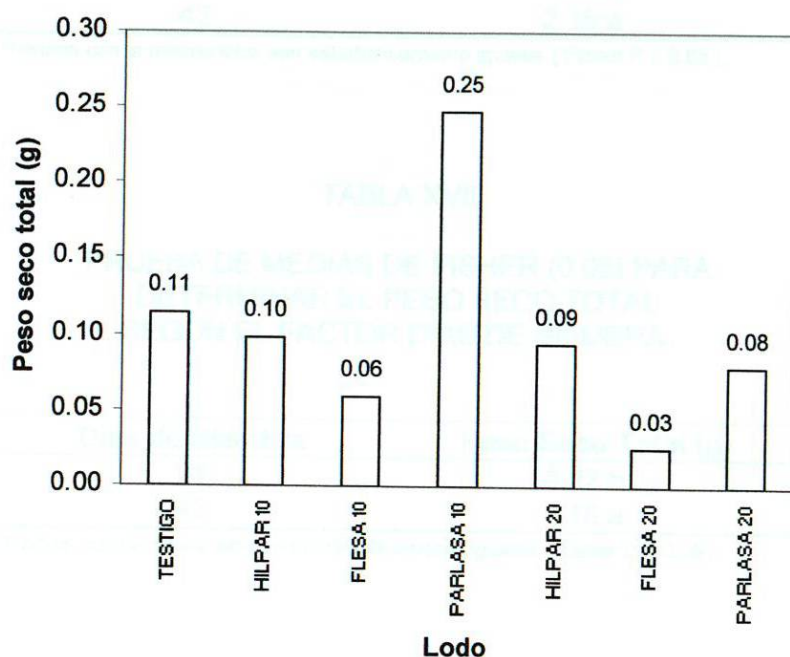


Figura 5. Efecto de la aplicación de lodos en el peso seco total.

Al realizar la comparación de medias para el peso fresco y el peso seco total, valorada para el factor días de siembra (TABLAS XVI Y XVII respectivamente), se puede notar que en las primeras tres semanas las plántulas alcanzaron pesos muy bajos, comparados con los pesos obtenidos en las siguientes tres semanas, en las que los fueron mucho mayores.

TABLA XVI

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PESO FRESCO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR DÍAS DE SIEMBRA.

Días de Siembra	Peso Fresco Total (g)
21	0.27 b
43	2.15 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

TABLA XVII

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PESO SECO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR DÍAS DE SIEMBRA.

Días de Siembra	Peso Seco Total (g)
21	0.02 b
43	0.18 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En las TABLAS XVIII Y XIX se presentan las pruebas de medias para los pesos totales fresco y seco respectivamente, evaluadas para el factor especie.

Comparando los valores obtenidos en cada tabla, se aprecia que las plántulas de col, en promedio, alcanzaron los pesos más altos, y también, como se vio anteriormente, fueron las que crecieron de manera más uniforme, ya que la lechuga y el tomate tuvieron diferencias de altura más marcadas, entre las plántulas más chicas y las más grandes de su misma especie.

TABLA XVIII

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PESO FRESCO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR ESPECIE.

Especie	Peso Fresco Total (g)
Tomate	1.01 b
Lechuga	1.28 a
Col	1.35 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

TABLA XIX

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05) PARA
DETERMINAR EL PESO SECO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR ESPECIE.

Especie	Peso Seco Total (g)
Lechuga	0.09 c
Tomate	0.10 b
Col	0.12 a

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En las TABLAS XX Y XXI se muestran las pruebas de medias para los pesos totales, frescos y secos respectivamente, evaluadas para el factor lodo-tratamiento-especie.

En la primera de estas tablas se observa que las tres especies, en el tratamiento de PARLASA 10, obtuvieron pesos muy por encima de los valores registrados por las especies en el testigo; en este caso las diferencias en el peso fueron de 2.99, 2.58 y 1.78 g mayores en el tratamiento de PARLASA 10, que en el testigo, para la lechuga, la col y el tomate, respectivamente.

Los valores que resultaron para los tratamientos con lodos de HILPAR fueron menores que los del testigo, en todos los casos, pero estuvieron cercanos a ellos; sin embargo esto no ocurre en los tratamientos con lodos de FLESA, que arrojaron para FLESA 10, valores de 0.82, 0.39 y 0.36 g y para FLESA 20, otros de 1.08, 0.73 y 0.71 g menos que los del testigo, para la lechuga, la col y el tomate, respectivamente.

TABLA XX

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05)
PARA DETERMINAR EL PESO FRESCO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR LODO-TRATAMIENTO-ESPECIE

Lodo-Tratamiento	Especie	Peso Fresco Total (g)
FLESA 20	Lechuga	0.07 k
FLESA 20	Tomate	0.24 jk
FLESA 10	Lechuga	0.33 ijk
FLESA 20	Col	0.47 hij
FLESA 10	Tomate	0.59 ghi
HILPAR 20	Tomate	0.76 fgh
HILPAR 10	Tomate	0.79 efgh
FLESA 10	Col	0.81 efg
TESTIGO	Tomate	0.95 def
PARLASA 20	Tomate	0.98 def
HILPAR 20	Lechuga	1.00 def
HILPAR 20	Col	1.03 def
HILPAR 10	Col	1.03 def
HILPAR 10	Lechuga	1.05 def
PARLASA 20	Col	1.09 de
TESTIGO	Lechuga	1.15 d
PARLASA 20	Lechuga	1.20 d
TESTIGO	Col	1.20 d
PARLASA 10	Tomate	2.73 c
PARLASA 10	Col	3.78 b
PARLASA 10	Lechuga	4.14 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

En cuanto al peso seco total (TABLA XXI), se puede observar que, al igual que en el peso fresco total, los valores de PARLASA 10 fueron bastante mayores que los de los del testigo en las tres especies.

Los valores de los tratamientos con lodos de HILPAR fueron muy parecidos entre sí y también lo fueron con los valores del testigo.

La diferencia entre los resultados de PARLASA 10 y los de PARLASA 20 es notoria, ya que las plántulas pesaron en promedio más del doble, en el primer tratamiento, que las plántulas del segundo.

Por otro lado, cinco de los seis tratamientos-especie que obtuvieron los valores de peso seco total más bajos, corresponden a los que utilizaron lodos de FLESA.

TABLA XXI

PRUEBA DE MEDIAS DE FISHER (0.05)
PARA DETERMINAR EL PESO SECO TOTAL
SEGÚN EL FACTOR LODO-TRATAMIENTO-ESPECIE

Lodo-Tratamiento	Especie	Peso Seco Total (g)
FLESA 20	Lechuga	0.01 j
FLESA 20	Tomate	0.03 ij
FLESA 10	Lechuga	0.03 ij
FLESA 20	Col	0.05 hi
FLESA 10	Tomate	0.06 gh
PARLASA 20	Lechuga	0.07 fgh
PARLASA 20	Col	0.08 efg
HILPAR 20	Lechuga	0.08 efg
FLESA 10	Col	0.09 defg
PARLASA 20	Tomate	0.09 defg
HILPAR 10	Tomate	0.09 def
HILPAR 20	Tomate	0.09 def
HILPAR 10	Lechuga	0.09 def
HILPAR 20	Col	0.11 cde
TESTIGO	Lechuga	0.11 cde
HILPAR 10	Col	0.11 cde
TESTIGO	Tomate	0.11 cd
TESTIGO	Col	0.12 c
PARLASA 10	Lechuga	0.23 b
PARLASA 10	Tomate	0.26 a
PARLASA 10	Col	0.26 a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Fisher $P \leq 0.05$).

Los efectos de la aplicación de diferentes mezclas de varios efluentes industriales fueron analizados sobre el crecimiento y la acumulación de la materia seca y los nutrientes minerales en plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalipto rojo). El objetivo fue evaluar la adaptabilidad del *E.camaldulensis* a los efluentes, la tolerancia al exceso/deficiencia de elementos minerales y determinar, en última instancia, las combinaciones convenientes de los efluentes industriales-municipales para su uso en la producción de la biomasa en lugares secos.

Los tratamientos consistieron en : T(1): agua limpia; T(2): efluente municipal; T(3): efluente de la industria textil; T(4): efluente de industria del acero; T(5): efluente de la industria textil + efluente municipal en relación de 1:1; T(6): efluente de acero + efluente municipal en relación de 1:2; T(7): efluente de acero + efluente textil + efluente municipal en relación 1:2:2; y T(8): efluente de acero + efluente textil en relación 1:2.

Las altas concentraciones de iones metálicos, con bajas concentraciones de Ca, Mg, K, Na, N y P en el suelo y semillas en el T(4) dieron lugar a la mortalidad de las plantas en un plazo de pocos días. La aplicación del efluente de la industria textil y/o municipal aumentó el tiempo de supervivencia de las plantas durante dos a tres meses en T(6), T(7) y T(8). Entre los tratamientos restantes, las plantas del T(2) lograron las mayores alturas y produjeron los mayores valores de biomasa seca, a la edad de 10 meses; al contrario de lo que ocurrió en T(3) en donde las plantas obtuvieron el menor crecimiento y biomasa, posiblemente a que altos valores de sodio pudieron haber reducido la concentración de micronutrientes en las semillas y afectado el crecimiento de la raíz y de la hoja. Se obtuvo el mismo crecimiento de la planta en T(1) que cuando el efluente municipal fue mezclado con el efluente de la industria textil T(5).

La mezcla de diversos efluentes puede ser útil en la irrigación del *Eucalyptus camaldulensis* para aumentar la productividad de la biomasa, lo que se

evidencia en un aumento del crecimiento en T(5) y de la supervivencia en T(6), T(7) y T(8). (Bhati M., Singh G., 2003).

De igual manera, se puede decir que puede resultar benéfico utilizar subproductos de la industria textil para promover la producción de biomasa del tomate, la lechuga y la col, ya que similarmente a lo que ocurrió en el caso de las alturas de las plántulas, fue buena la biomasa alcanzada por éstas al crecer en suelos donde se aplicaron los subproductos de PARLASA e HILPAR en bajas concentraciones.

4.4 Contenido de minerales

En la TABLA XXII se presentan los resultados de los análisis de las estructuras foliares de las plántulas, para la determinación del contenido de minerales.

TABLA XXII

**CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES MINERALES EN LOS TEJIDOS
DE LAS PLÁNTULAS PARA LOS DIFERENTES LODOS.**

Lodo	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
TESTIGO	1.1 ↓	0.2	2.7 ↑	2.0 ↑	0.4 ↑	77.7	2.3 ↓	40.7 ↓	20.3
HILPAR 10	1.3 ↓	0.3 ↑	2.0 ↑	1.8 ↑	0.4 ↑	118.7 ↑	1.7 ↓	46.3 ↓	23.0
FLESA 10	2.0	0.1 ↓	2.0 ↑	1.9 ↑	0.6 ↑	157.0 ↑	1.7 ↓	142.7 ↑	40.3 ↑
PARLASA 10	2.4 ↑	0.4 ↑	1.0	2.1 ↑	0.4 ↑	180.3 ↑	1.7 ↓	45.7 ↓	29.0 ↑
HILPAR 20	1.4 ↓	0.3 ↑	1.5 ↑	2.2 ↑	0.3 ↑	104.7 ↑	2.0 ↓	47.7 ↓	19.7
FLESA 20	2.0	0.1 ↓	1.2 ↑	2.0 ↑	0.7 ↑	394.7 ↑	1.7 ↓	158.3 ↑	36.3 ↑
PARLASA 20	3.3 ↑	0.5 ↑	2.0 ↑	1.6 ↑	0.4 ↑	262.0 ↑	1.3 ↓	61.0	23.0
NS1 [£]	1.5	0.2	1.0	0.5	0.2	50	6.0	50	20
NS2	2.0			1.0		100		100	25

[£]NS1 es el punto inferior del rango de niveles de suficiencia para el elemento considerado.

NS2 es el punto superior del rango de niveles de suficiencia para el elemento considerado.

↑ Indica un valor mayor al nivel superior de suficiencia recomendado.

↓ Indica un valor menor al nivel inferior de suficiencia recomendado.

En las siguientes Figuras (6 a 14), se muestra la concentración de cada nutriente mineral en forma individual.

En la Figura 6 se observa cómo los valores de los tratamientos con los lodos de FLESA son los únicos que se encuentran dentro del rango de suficiencia para el nitrógeno, que va de 1.5 a 2.0 %; los tratamientos de PARLASA presentan valores superiores al punto superior de suficiencia y tanto el testigo como los tratamientos de HILPAR tienen valores por debajo del punto inferior de suficiencia para este elemento.

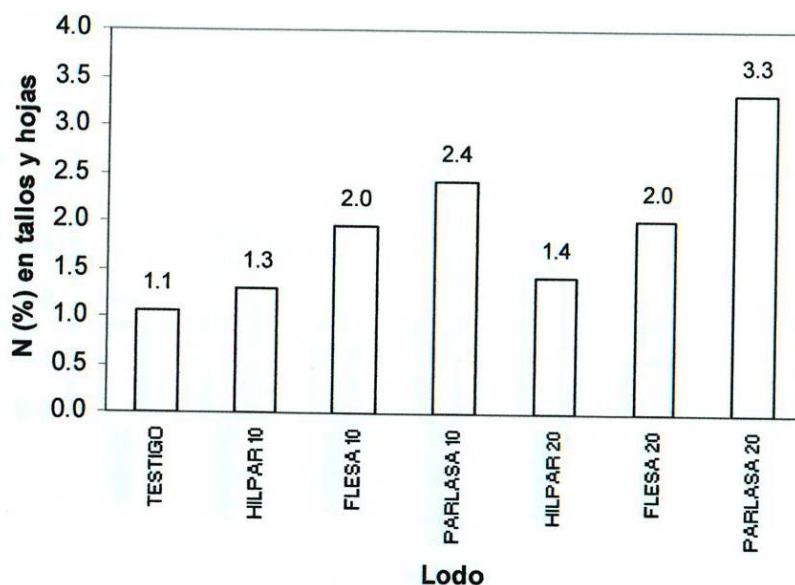


Figura 6. Concentración de nitrógeno en los tejidos de las plántulas.

En la Figura 7, con excepción del valor del testigo, todos los tratamientos presentan valores diferentes a 0.2 %, que es punto de suficiencia adecuado para el fósforo. Los tratamientos de FLESA muestran valores por debajo de este punto y el resto por encima.

En cuanto al potasio (Figura 8), todos los tratamientos, excepto PARLASA 10 que presenta un valor adecuado, tienen un valor superior al de suficiencia que es del 1%, alcanzando en el testigo la mayor concentración de este elemento.

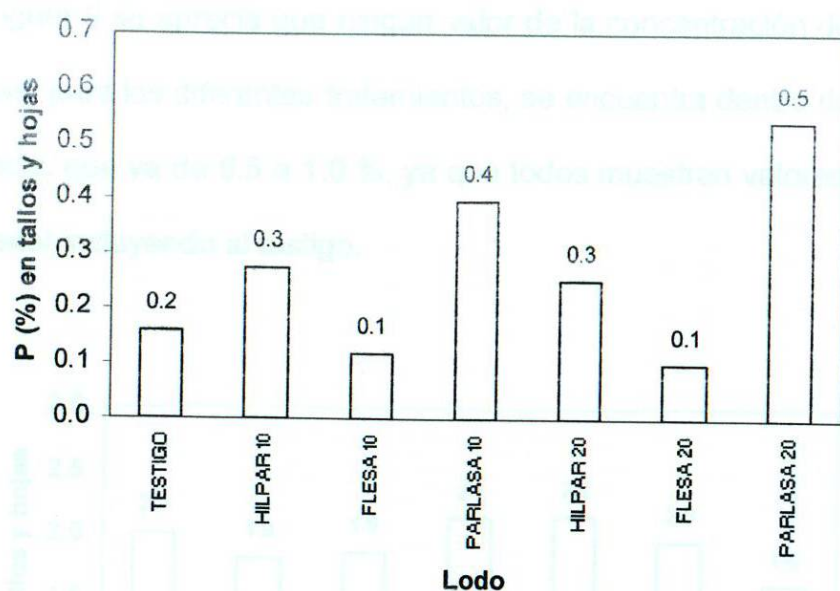


Figura 7. Concentración de fósforo en los tejidos de las plántulas.

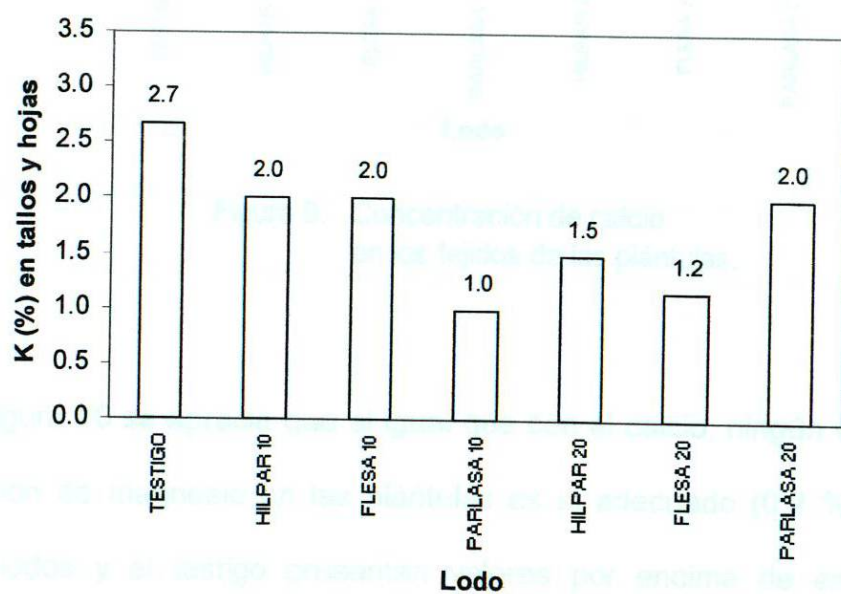


Figura 8. Concentración de potasio en los tejidos de las plántulas.

En la Figura 9 se aprecia que ningún valor de la concentración de calcio en las plántulas, para los diferentes tratamientos, se encuentra dentro del intervalo de suficiencia, que va de 0.5 a 1.0 %, ya que todos muestran valores arriba del punto superior incluyendo al testigo.

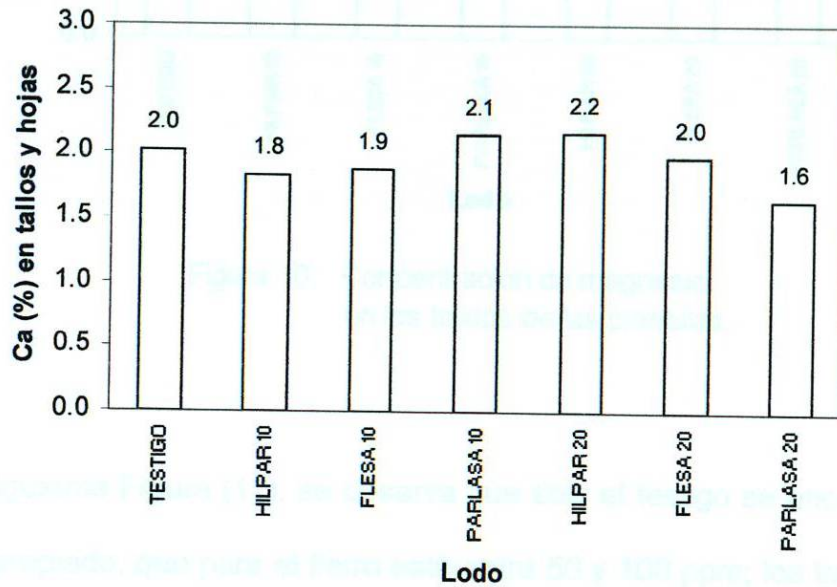


Figura 9. Concentración de calcio en los tejidos de las plántulas.

En la Figura 10 se aprecia que al igual que con el calcio, ningún valor de la concentración de magnesio en las plántulas es el adecuado (0.2 %), ya que todos los lodos y el testigo presentan valores por encima de este punto, alcanzando en los tratamientos de FLESA, los más elevados.

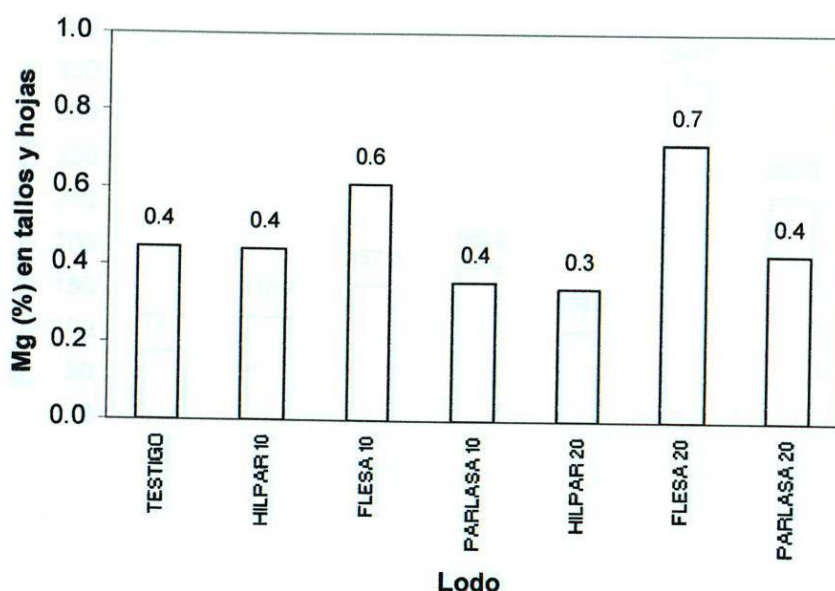


Figura 10. Concentración de magnesio en los tejidos de las plántulas.

En la siguiente Figura (11), se observa que sólo el testigo se encuentra con un valor apropiado, que para el fierro está entre 50 y 100 ppm; los tratamientos de HILPAR están un poco por encima del punto superior de suficiencia, pero FLESA 20 y PARLASA 20 presentan valores de concentración muy elevados de este elemento.

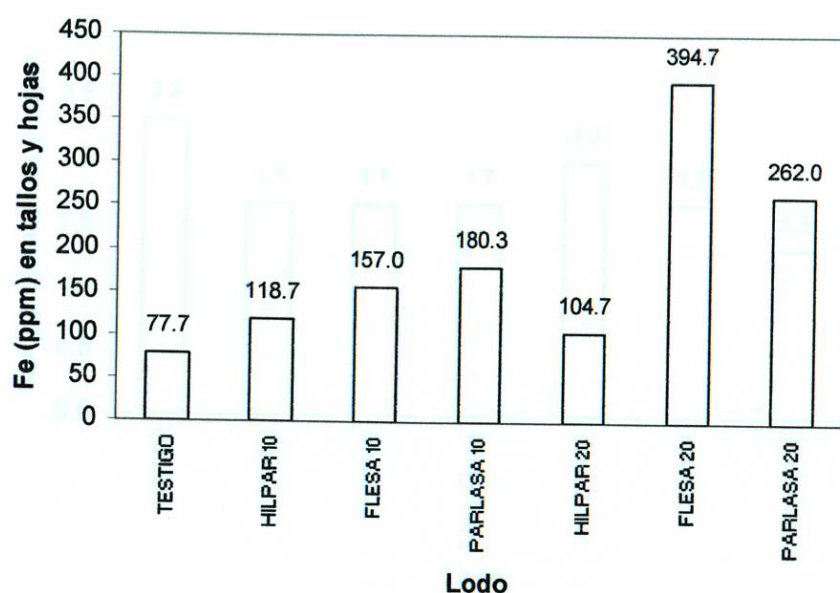


Figura 11. Concentración de hierro en los tejidos de las plántulas.

La concentración de cobre en las plántulas, en todos los casos, es mucho menor que la requerida, ya que ésta debe tener al menos un valor de 6 ppm, para considerarse adecuada y el máximo valor alcanzado se presenta en el testigo, con 2.3 ppm. Se 50 y 100 ppm. PARLASA 20 muestra un valor de 61 ppm y en el resto de los tratamientos la concentración de manganeso se encuentra entre 40 y 50 ppm.

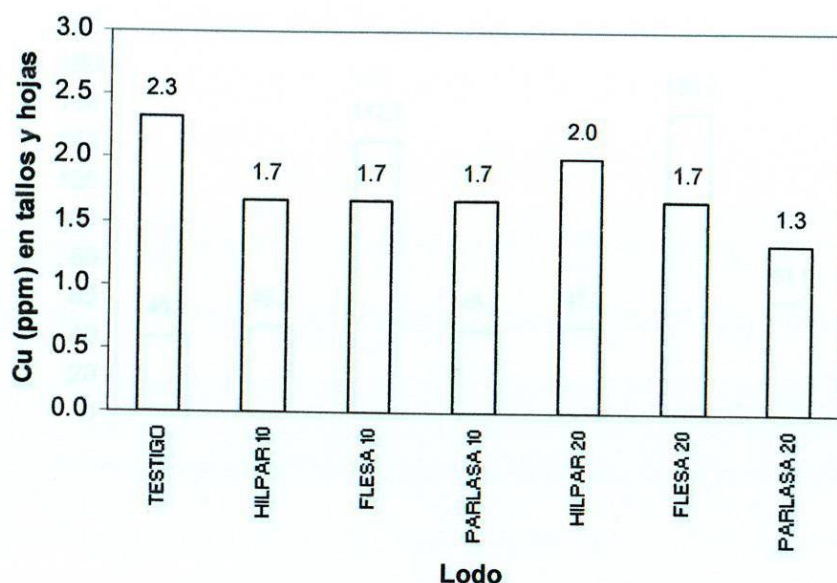


Figura 12. Concentración de cobre en los tejidos de las plántulas.

En la Figura 13 se puede ver cómo los tratamientos con lodos de FLESA alcanzan valores de concentración de manganeso elevados, de más de 140 ppm para FLESA 10 y de más de 150 para FLESA 20. Un valor adecuado se considera si está entre 50 y 100 ppm. PARLASA 20 muestra un valor de 61 ppm y en el resto de los tratamientos la concentración de manganeso se encuentra entre 40 y 50 ppm.

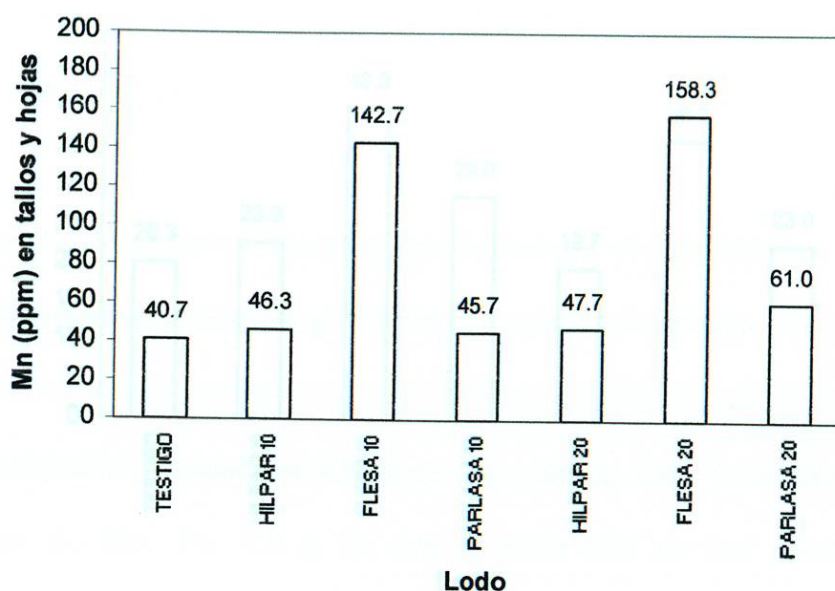


Figura 13. Concentración de manganeso en los tejidos de las plántulas.

En la Figura 14, para la concentración de zinc, en el testigo y en los tratamientos de HILPAR 10 y PARLASA 20 las plántulas alcanzaron concentraciones adecuadas de este elemento, ya que el nivel de suficiencia va de 20 a 25 ppm. En HILPAR 20 también se puede considerar que se tuvo un valor bueno con 19.7 ppm, PARLASA 10 muestra un valor de 29 ppm y para los tratamientos de FLESA se observan concentraciones altas de zinc con 40.3 ppm en FLESA 10 y 36.3 ppm en FLESA 20.

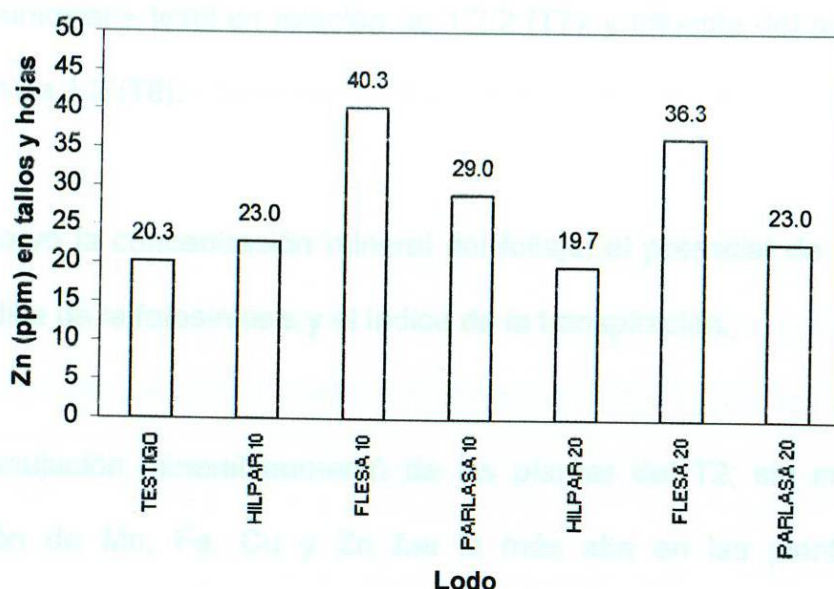


Figura 14. Concentración de zinc en los tejidos de las plántulas.

El Instituto de Investigaciones Forestales en Jodhpur, India, realizó un estudio similar con plantaciones de *Acacia nilotica* (Espino egipcio) y *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalipto rojo), con el objetivo de observar la acumulación mineral al irrigarse con diversos efluentes y su influencia en las funciones fisiológicas y en el crecimiento, a fin de descubrir, en última instancia, la combinación conveniente de los efluentes industriales y/o municipales para su utilización en la irrigación de plantaciones de árboles.

Las plantaciones de estas especies fueron irrigadas con: agua limpia (T1); efluente municipal (T2); efluente de la industria textil (T3); efluente de industria del acero (T4); efluente textil + efluente municipal en relación de 1:1 (T5); efluente del acero + efluente municipal en relación de 1:2 (T6); efluente del

acero + municipal + textil en relación de 1:2:2 (T7); y efluente del acero + textil en relación de 1:2 (T8).

Se observó la concentración mineral del follaje, el potencial de agua en la hoja, el índice de la fotosíntesis y el índice de la transpiración.

La acumulación mineral aumentó de las plantas del T2; sin embargo, la acumulación de Mn, Fe, Cu y Zn fue la más alta en las plantas de los tratamientos T4, T6, T7, y T8, afectando negativamente la concentración de N, P, K, Ca Mg y Na. Las plantas del T3 tenían menos Mg, Mn, Fe, Cu, y Zn y concentraciones medias de N, Ca, y P, que fueron negativamente correlacionadas con la concentración de Na del efluente.

En los dos primeros meses, los datos demostraron la reducción del índice de fotosíntesis, de la transpiración y del potencial de agua en la hoja en las plantas del T6, T7, y T8, como resultado de la presencia de iones metálicos (toxicidad). Estos parámetros fisiológicos estuvieron altos en las plantas del T1 y T2, sin embargo, bajaron en las plantas del T3 y se mantuvieron también altas en T5, probablemente como resultado del efecto del efluente municipal con alto contenido mineral.

El estudio sugiere que el exceso en la acumulación del Na, Mn, Fe, Cu, y Zn conduce a la toxicidad del medio que afecta adversamente la fisiología de las

plantas. Mezclar apropiadamente diferentes efluentes puede ser una práctica útil en la irrigación de plantaciones de árboles. (Singh G., Bhati M., 2003).

De acuerdo con esta información, se observó que las plántulas de FLESA mostraron la mayor concentración mineral de Fe, Mn y Zn, pero el menor crecimiento y biomasa, posiblemente un exceso de estos nutrientes en el medio impactó negativamente en su morfología.

4.5 Resultados de metales pesados

y arsénico en los subproductos de CIPSA.

En la TABLA XXIII se muestran los resultados obtenidos del análisis de los subproductos industriales de CIPSA para la concentración de metales pesados, así como los límites máximos permisibles en lodos y biosólidos marcados en la NOM-004-SEMARNAT-2002.

Los resultados microbiológicos de la concentración de metales pesados y de Arsénico mostraron, según la NOM-004-SEMARNAT-2002, que los residuos industriales de CIPSA son materiales excedentes desde el punto de vista del contenido de metales pesados, ya que todos los materiales presentados se encuentran de niveles permitidos muy por debajo de los máximos permitidos por la NOM mexicana.

TABLA XXIII
 CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS SUBPRODUCTOS
 INDUSTRIALES DE CIPSA Y LOS LÍMITES
 MÁXIMOS PERMISIBLES

Parámetro	Muestra			Límite Máximo Permisible
	HILPAR (Puebla)	FLESA (Parras)	PARLASA (Torreón)	
Cadmio (mg/Kg)	0.878	1.38	0.962	39
Cromo (mg/Kg)	18.7	26.7	18.8	1200
Cobre (mg/Kg)	33.2	23.4	31.3	1500
Plomo (mg/Kg)	12.16	19.16	13.45	300
Mercurio (mg/Kg)	0.467	0.844	1.224	17
Níquel (mg/Kg)	23.43	24.85	10.01	420
Zinc (mg/Kg)	128.4	63.29	119.6	2800
Arsénico (mg/Kg)	0.451	2.41	1.46	41

Los resultados microbiológicos de la concentración de metales pesados y de arsénico marcaron, según la NOM-004-SEMARNAT-2002, que los sólidos industriales de CIPSA son materiales excelentes desde el punto de vista del contenido de metales pesados, ya que todos los materiales presentaron concentraciones de metales pesados muy por debajo de las marcadas como límite por la NOM mencionada.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los tratamientos con lodos de HILPAR, mezclados con el sustrato de siembra en las proporciones de 1:9 y 2:8, mostraron un comportamiento estadísticamente igual al del testigo, en la emergencia total de plántulas.
2. Los tratamientos en los que se utilizaron lodos de las empresas FLESA y PARLASA mostraron un efecto negativo en la emergencia total de plántulas, al comparar sus resultados con los del testigo, siendo mayor el impacto para la primera empresa que para la segunda, e incrementándose tal efecto al aumentar la concentración con que se aplican.

3. Para el factor lodo-tratamiento-especie se encontraron diferencias significativas entre las alturas y el número de hojas de las plántulas, presentando un efecto positivo para las tres especies vegetales utilizadas en el tratamiento en el que se aplicó lodo de PARLASA, en proporción 1:9 con el sustrato de siembra, al alcanzar éstos valores mayores que los del testigo. *PAR. Para el resto los valores presentados fueron superiores al adecuado en todos los casos.*
4. Se observaron impactos negativos sobre el crecimiento y número de hojas de las plántulas, al utilizar lodos de FLESA e HILPAR; aunque el efecto fue más drástico en los tratamientos con los lodos de la primera industria. El resultado también fue adverso cuando los residuos de PARLASA se utilizaron en concentraciones mayores que el 10 %. *Los resultados indicaron que es factible utilizar los subproductos de la*
5. Para el factor lodo, se encontraron diferencias significativas para el peso fresco total, aunque el comportamiento fue estadísticamente igual en los tratamientos de HILPAR 20 y 10 y PARLASA 20, con respecto al testigo; en el tratamiento de PARLASA, en proporción 1:9 con el sustrato de siembra, el resultado para el peso fresco total fue superior y estadísticamente diferente al del testigo.
6. Se observaron impactos negativos al utilizar subproductos de la *10. Se observaron impactos negativos al utilizar subproductos de la*
6. Se encontraron resultados negativos en el peso fresco total de las tres especies vegetales utilizadas, al cultivarlas en los tratamientos con lodos de FLESA, obteniéndose valores más bajos al aplicar estos residuos en mayor concentración.

7. En cuanto a la concentración de minerales, la aplicación de los subproductos de CIPSA produjo un incremento en el contenido de nitrógeno, fierro, manganeso y zinc en los tejidos de las plántulas con respecto al testigo, alcanzando valores adecuados para el zinc, al utilizar lodos de HILPAR, y prácticamente también para el manganeso, al utilizar lodos de PARLASA e HILPAR. Para el fierro los valores presentados fueron superiores al adecuado en todos los casos.
8. La aplicación de los subproductos originó una disminución en la concentración de cobre y un aumento en la del potasio, manteniéndose valores fuera de los márgenes adecuados en ambos elementos.
9. Los resultados indicaron que es factible utilizar los subproductos de las empresas PARLASA e HILPAR en la producción de especies vegetales, si se aplican en bajas concentraciones, ya que el efecto producido en la emergencia y crecimiento de las especies fue positivo o prácticamente no varió, al compararse con las especies cultivadas en suelos libres de estos materiales.
10. Se observaron impactos negativos al utilizar subproductos de la empresa FLESA, aún en bajas concentraciones y cuando los materiales industriales de PARLASA e HILPAR se utilizaron en un volumen mayor que el 10%. Esto parece indicar que la utilización de estos lodos requiere un tratamiento previo de compostado o lavado.

11. En el caso de algunos minerales necesarios para las plántulas se encontró que los subproductos fueron una buena fuente de los mismos.

REFERENCIAS

- Benavides-Mendoza, A., H. Ortega-Ortiz, H.A. Ruiz-Torres, M. Cantú-Silvestre, L.O. Fuentes-Lara, R.V. Dávila-Salinas. Determinación de la utilidad y calidad de un fertilizante orgánico y/o mejorador de suelo fabricado en base a lodos residuales de la Compañía Industrial de Parras (Plantas HILPAR, PARLASA y FLESA). 2004. Reporte técnico de actividades y resultados al 31 de agosto del 2004.
- Benavides-Mendoza, Homero Ramírez, Norma Ruiz-Sánchez, Adolfo Perales-Huerta, Hortensia Ortega-Ortiz. Uso de subproductos industriales de la Compañía Industrial de Parras, S.A. de C.V. en sustratos para el crecimiento de frijol. 2004.
- Benavides-Mendoza, Homero Ramírez, Norma Ruiz-Torres, Adolfo Perales-Huerta, Martín Cadena Zapata, Eladio Cornejo-Oviedo, Hortensia Ortega-Ortiz, Ruth Verónica Dávila-Salinas. Aplicación de subproductos industriales de la Compañía Industrial de Parras, S.A. de C.V. en sustratos para la siembra y crecimiento de plantas. 2006.
- Bhat M, Singh G. (2003). Growth and Mineral Accumulation in *Eucalyptus Camaldulensis* Seedlings Irrigated with Mixed Industrial Effluents.
- Bhat M, Singh G. (2003). Mineral Toxicity and Physiological Functions in Tree Seedlings Irrigated with Effluents of Varying Chemistry in Sandy Soil of Dry Region.
- Bhat M, Singh G. (2003). Mineral Accumulation, Growth, and Physiological Functions in *Osbergia sesoo* Seedlings Irrigated with Different Effluents.
- Environmental Protection Agency (EPA). (1997). Waste Derived Fertilizers. Environmental Fact Sheet EPA530-F-97-053.
- Epstein E. (2003). Land Application of Sewage Sludge and Biosolids. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Gronwald M. (1996). Wastewater Treatment and Management. Principles of Beneficial Use, Marcel Dekker, New York pp. 1-40.

REFERENCIAS

- Benavides-Mendoza, A., H. Ortega-Ortiz, N.A. Ruiz-Torres, M Cantú-Sitientes, L.O. Fuentes-Lara, R.V. Dávila-Salinas. Determinación de la utilidad y calidad de un fertilizante orgánico y/o mejorador de suelo fabricado en base a lodos residuales de la Compañía Industrial de Parras (Plantas HILPAR, PARLASA y FLESA). 2004. Reporte técnico de actividades y resultados al 31 de agosto del 2004.
- Benavides-Mendoza, Homero Ramírez, Norma Ruiz-Sánchez, Adolfo Perales-Huerta, Hortensia Ortega-Ortiz. Uso de subproductos industriales de la Compañía Industrial de Parras, S.A. de C.V. en sustratos para el crecimiento de frijol. 2004.
- Benavides-Mendoza, Homero Ramírez, Norma Ruiz-Torres, Adolfo Perales-Huerta, Martín Cadena Zapata, Eladio Cornejo-Oviedo, Hortensia Ortega-Ortiz, Ruth Vanessa Dávila-Salinas. Aplicación de subproductos industriales de la Compañía Industrial de Parras, S.A. de C.V. en sustratos para la siembra y crecimiento de plantas. 2006.
- Bhati M, Singh G. (2003). Growth and Mineral Accumulation in *Eucalyptus Camaldulensis*. Seedlings Irrigated with Mixed Industrial Effluents.
- Bhati M, Singh G. (2003). Mineral Toxicity and Physiological Functions in Tree Seedlings Irrigated with Effluents of Varying Chemistry in Sandy Soil of Dry Region.
- Bhati M, Singh G. (2003). Mineral Accumulation, Growth, and Physiological Functions in *Dalbergia sissoo* Seedlings Irrigated with Different Effluents.
- Environmental Protection Agency (EPA). (1997). Waste Derived Fertilizers. Environmental Fact Sheet. EPA530-F-97-053.
- Epstein, E. (2003), Land Application of Sewage Sludge and Biosolids, Lewis Publishers, Boca Ratón, Florida.
- Girovich, M. (1996), Biosolids Treatment and Management. Processes of Beneficial Use, Marcel Dekker, New York pp: 1-46

- Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental. Lodos y Biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- Ottaviani M.; Santarsiero A.; De Fulvio S. (1991). Hygienic, Technical and Legislative Aspects of Agricultural Sewage Sludge Usage. *Acta Chim Hung.* 128 (4 - 5), 535-543.
- Quinteiro R., M.P., M.L. Andrade C. y E. De Blas V. (1988). Efecto de la adición de un lodo residual sobre las propiedades del suelo: experiencias de campo. *Edafología* Nº 5 pp. 1-10. <http://edafologia.org.es>
- Singh G. Bala N., Rathod T., Singh B. (2001). Effect of Textile Industrial Effluent On Tree Plantation and Soil Chemistry.
- Tester C.F. (1990). Organic Amendment Effects on Physical and Chemical Properties of a Sandy Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54(3), 827-831.
- Uribe M., H.R. y N. Chávez S. (2000). El uso de los biosólidos para mejorar la productividad de los suelos agrícolas. Informe anual de actividades. Cedel-INIFAP. México.

APÉNDICE

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA

En la TABLA XXIV se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significación para los factores evaluados en la emergencia de plántulas. En ella se observa que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para el parámetro de variación emergencia, para todos los factores evaluados.

TABLA XXIV
CUADRANTES MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU
SIGNIFICACIÓN PARA LOS FACTORES EVALUADOS
EN LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS

Parámetro	Lodo (%)	Días de Siembra (%)	Especies (%)	Lodo-Especies (%)
Emergencia	21406.2**	43351.4**	13425.8**	1771.5**

Error = 78.9

** = significancia al 0.01 y *** = significancia al 0.001.

n.s. = no significativo.

En la TABLA XXV se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significación para los factores evaluados en la supervivencia de plántulas.

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA.

En la TABLA XXIV se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significación para los factores evaluados en la emergencia de plántulas. En ella se observa que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el parámetro de variación emergencia, para todos los factores evaluados.

TABLA XXIV

CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICACIÓN PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA EMERGENCIA DE PLÁNTULAS.

Parámetro	Lodo (%)	Días de Siembra (%)	Especie (%)	Lodo-Especie (%)
Emergencia	21406.2**	49351.4**	13435.8**	1771.5**

Error = 78.9

*,** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

n.s. = no significativo.

En la TABLA XXV se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza, así como su significación para los factores evaluados en la altura de la plántula.

Para cada uno de los factores, lodo, días de siembra, especie y lodo-especie se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el parámetro de variación: altura de la plántula.

TABLA XXV

CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICACIÓN PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN LA ALTURA DE LA PLÁNTULA.

Parámetro	Lodo (%)	Días de Siembra (%)	Especie (%)	Lodo-Especie (%)
Altura de la Plántula	151.8**	422.0**	152.7**	2.8**

Error = 0.317

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

n.s. = no significativo.

Igualmente se apreciaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el parámetro de variación: número de hojas por plántula, para todos los factores evaluados, al observar los cuadrados medios del análisis de varianza y su significación para este parámetro (TABLA XXVI).

TABLA XXVI

CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU SIGNIFICACIÓN PARA LOS FACTORES EVALUADOS EN EL NÚMERO DE HOJAS POR PLÁNTULA.

Parámetro	Lodo (%)	Días de Siembra (%)	Especie (%)	Lodo-Especie (%)
Número de Hojas por Plántula	46.1**	434.9**	198.4**	8.2**
Error = 0.342				

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

n.s. = no significativo.

En la TABLA XVII se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para los factores evaluados en el peso fresco total. Se puede observar que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el parámetro de variación: peso fresco total, para todos los factores evaluados, con excepción del factor lodo-especie, el cual no presentó diferencias significativas entre pesos secos totales.

TABLA XXVII

CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU
SIGNIFICACIÓN PARA LOS FACTORES EVALUADOS
EN EL PESO FRESCO TOTAL.

Parámetro	Lodo (%)	Días de Siembra (%)	Especie (%)	Lodo-Especie (%)
Peso Fresco Total	27.8**	149.0**	1.8**	0.6**

Error = 0.116

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

n.s. = no significativo.

En la TABLA XXVIII se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significación para los factores evaluados en el peso seco total. Se puede observar que existen diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para este parámetro de variación, para todas los factores evaluados con excepción del factor lodo-especie, el cual no presentó diferencias significativas entre pesos secos totales.

TABLA XXVIII

CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y SU
SIGNIFICACIÓN PARA LOS FACTORES EVALUADOS
EN EL PESO SECO TOTAL.

Parámetro	Lodo (%)	Días de Siembra (%)	Especie (%)	Lodo-Especie (%)
Peso Seco Total	0.1**	1.1**	0.01**	0.00 n.s.

Error = 0.00079

*,** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

n.s. = no significativo.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

José Marcelo Ramos Flores

Candidato para el grado de

Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental.

**Tesis: USO DE LODOS INDUSTRIALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL PARA
PRODUCIR PLÁNTULAS DE HORTALIZAS EN INVERNADERO**

Campo de Estudio: Ingeniería Ambiental.

Biografía:

**Datos Personales: Nacido en Saltillo, Coahuila, el 30 de Enero
de 1976, hijo de Marcelo Ramos Padilla y Margarita Flores Valdés.**

**Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Coahuila; grado obtenido:
Ingeniero Civil, en 1999.**

**Experiencia Profesional: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Unidad
Regional de Servicios Técnicos, en Saltillo, Coahuila. Septiembre de 1999
a octubre de 2001.**

Constructora Ucorsa, de Saltillo, Coahuila. Febrero a junio de 2002.

Constructora Arsosa, de Saltillo, Coahuila. Abril a junio de 2003.

**Instituto de Ingeniería Civil, San Nicolás de los Garza, Nuevo León.
Septiembre de 2005 a enero de 2006.**

**FCH Tecnología y Construcción S.A. de C.V., Monterrey, Nuevo León.
Febrero de 2007 a la fecha.**

